

**KEBERHASILAN DAN KOMPATIBILITAS PENYERBUKAN SENDIRI DAN SILANG PADA  
HIBRIDISASI INTERSPESIFIK CIPLUKAN (*Physalis* spp)****SELF- AND CROSS-POLLINATION SUCCESS RATES AND COMPATIBILITIES IN CIPLUKAN  
(*Physalis* spp) INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION**

Zainyah Salmah Arruum, Budi Waluyo\*

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya  
Jalan Veteran, Malang Jawa Timur, Indonesia 654145Korespondensi : [budiwaluyo@ub.ac.id](mailto:budiwaluyo@ub.ac.id)

Diterima : 24 Agustus 2020 / Disetujui : 19 Juli 2021

**ABSTRAK**

Tanaman ciplukan digunakan untuk menghasilkan buah segar, bahan baku nutraceutical, dan biofarmasi. Kapasitas genetik ciplukan dapat ditingkatkan dengan hibridisasi interspesifik. Ketidakcocokan adalah masalah yang muncul pada persilangan antarspesies. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari keberhasilan dan kompatibilitas penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang hibridisasi interspesifik ciplukan. Penelitian dilaksanakan di Seed and Nursery Industry, Agro Techno Park, Universitas Brawijaya pada bulan Januari sampai Juni 2020. Penelitian menggunakan bahan 5 spesies ciplukan, yaitu *Physalis* *P. angulata*, *P. peruviana*, *P. pruinosa*, *P. pubescens*, dan *P. ixocarpa*. Pola perkawinan dialel digunakan serta pengamatan terhadap hasil penyerbukan diamati. Hasil penyerbukan silang interspesifik memiliki derajat kompatibilitas yang berbeda. Kompatibilitas penyerbukan sendiri pada setiap spesies tinggi. Penyerbukan silang interspesifik *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281) kompatibel. Inkompatibilitas parsial terdapat pada penyerbukan silang interspesifik *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. angulata* (PAN-69281), dan *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Inkompatibilitas lengkap terjadi pada penyerbukan silang *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. peruviana* (PPV-45311-03) dan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang yang kompatibel menghasilkan perbedaan pada karakteristik buah dan benih. *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. angulata* (PAN-69281), dan *P. pubescens* (PPB-68154-04) menghasilkan jumlah benih yang berbeda pada penyerbukan silang interspesifik.

Kata kunci: ciplukan, inkompatibilitas, persilangan interspesifik, *Physalis*.**ABSTRACT**

Ciplukan is used as a fresh fruit, nutraceutical raw materials, and biopharmaceuticals. Genetic capacity of ciplukan can be increased by interspecific hybridization. Incompatibility is an issue obtained during the interspecific hybridization. Research objective was to study

success rate and compatibility of self-pollination and cross-pollination ciplukan interspecific hybridization. Research was conducted at Seed and Nursery Industry, Agro Techno Park, Universitas Brawijaya from January to June 2020. *Physalis* *P. angulata*, *P. peruviana*, *P. pruinosa*, *P. pubescens*, and *P. ixocarpa* were species included in this study. A diallel mating design pattern was used as well as observations of pollination. Interspecific cross pollination was found to have differing degrees of compatibility. Compatibility of self-pollination in each species is high. Interspecific cross-pollination of *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281) is compatible. Partial incompatibilities exist in interspecific cross-pollination of *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. angulata* (PAN-69281), and *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Complete incompatibility occurred in cross-pollination of *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. peruviana* (PPV-45311-03) and *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Compatible self-pollination and cross-pollination resulted differences in fruit and seed characteristics. *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. angulata* (PAN-69281), and *P. pubescens* (PPB-68154-04) developed different numbers of seeds following interspecific cross-pollination.

Keywords: ciplukan, incompatibility, interspecific crosses, *Physalis*

## PENDAHULUAN

Tanaman *Physalis* banyak tersebar di dunia dan awalnya sering dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional. Terdapat sekitar 120 spesies *Physalis* di dunia, yang dibedakan berdasarkan karakter morfologi tanaman maupun ada tidaknya rambut pada batang (Sharma *et al.*, 2015). Tanaman *Physalis* tersebar di berbagai macam negara tropis dan subtropis seperti daerah tropis Amerika dan Eropa serta di Asia (Yildiz *et al.*, 2015). *Physalis* merupakan buah eksotis yang mengandung banyak senyawa kimia bermanfaat dan mulai dikembangkan oleh banyak negara di dunia (Rodrigues *et al.*, 2009). Banyak negara yang telah melakukan budidaya secara komersial seperti Kolombia, Brazil, Meksiko, India, Mediterania, serta Afrika Selatan (Muniz *et al.*, 2014).

Tanaman *Physalis* selain dijadikan sebagai tanaman sumber buah juga digunakan sebagai bahan obat tradisional. Masyarakat di beberapa negara seperti

Kolombia, China, Bolivia, dan Nigeria memanfaatkan *Physalis* untuk pengobatan kanker, Iran memanfaatkan tanaman ini untuk pengobatan asma, disfungsi hati, dan bahan obat penyakit cacing, Peru dan Brasil memanfaatkan tanaman ini sebagai obat malaria, infeksi post-partum dan gatal-gatal, masyarakat Bangladesh memanfaatkan tanaman *Physalis* untuk mengatasi infeksi kulit, sedangkan di Indonesia tanaman ini digunakan untuk mengatasi hepatitis dan nyeri otot (Jovel *et al.*, 1996; Rodrigues, 2006; Abubakar *et al.*, 2007; He *et al.*, 2007; Salgado dan Arana, 2014; Mirzaee *et al.*, 2019).

Seiring dengan berkembangnya agroindustri berbasis nutrasetikal, farmasetikal, dan pangan maka *Physalis* mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku agroindustri yang harus tersedia secara kontinyu baik kuantitas maupun kualitas. Saat ini belum ada pengembangan tanaman ciplukan yang khusus dilakukan untuk penyediaan bahan

baku industri (Waluyo *et al.*, 2019; Zanetta *et al.*, 2019). Selama ini bahan baku baru dipenuhi melalui eksploitasi ciplukan yang tumbuh liar yang dan kualitasnya terbatas. Saat ini belum ada jaminan ketersediaan bahan baku *Physalis* secara kontinyu untuk bahan baku agroindustri. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya peningkatan kapasitas genetik tanaman ciplukan agar sesuai dengan kebutuhan industri melalui kegiatan pemuliaan tanaman sehingga menjamin ketersediaan bahan baku, lebih bernilai secara ekonomis, dan diinginkan secara agronomis. Upaya peningkatan kualitas penampilan tanaman ciplukan dapat dilakukan melalui pemuliaan tanaman melalui kegiatan persilangan. Persilangan dapat dilakukan pada tanaman dengan spesies sama (intraspesifik) maupun pada spesies yang berbeda (interspesifik) (Setiawati *et al.*, 2016). Persilangan tetua dengan melibatkan latar belakang genetik yang luas biasanya akan menghasilkan keturunan yang superior (Jansky & Rouse, 2003; Siemens, 2002). Pada persilangan interspesifik, inkompatibilitas menjadi kendala dalam pembentukan buah dan biji (Frankel & Galun, 1977). Inkompatibilitas merupakan ketidakcocokan gen atau kromosom suatu tanaman dalam berpasangan sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan pembuahan (Frankel & Galun, 1977).

Perkembangbiakan ciplukan terjadi secara reproduktif melalui biji. Tanaman ciplukan memiliki bunga sempurna dengan organ jantan dan betina ada dalam satu bunga. Biji yang terbentuk adalah hasil penyerbukan yang terjadi dengan serbuk sari jatuh di atas kepala putik pada bunga sendiri dibantu oleh angin, atau dibantu oleh serangga yang hinggap pada bunga (Djakké *et al.*, 2017; Peña-Lomelí *et al.*,

2018). Beberapa penelitian melaporkan *Physalis* mempunyai sistem reproduksi menyerbuk sendiri, walaupun dilaporkan adanya inkompatibilitas sendiri dan inkompatibilitas silang (Chautá-Mellizo *et al.*, 2012; Djakké *et al.*, 2017; Figueiredo *et al.*, 2020; Peña-Lomelí *et al.*, 2018; Trevisani *et al.*, 2016). Penyerbukan silang pada ciplukan dapat mencapai 54% (Lagos *et al.*, 2008). Rekombinasi genetik melalui persilangan buatan antar spesies dapat menghasilkan keturunan yang superior yang dapat memenuhi kriteria sesuai dengan kebutuhan industri atau dapat juga menghasilkan spesies baru (Azeez & Faluyi, 2018; Olorode *et al.*, 2013). Sejauh ini di Indonesia belum ada laporan tentang upaya perbaikan genetik ciplukan melalui persilangan. Peneliti pemulia tanaman di Universitas Brawijaya telah melakukan penelitian terhadap keragaman dan pemilihan bahan genetik *P. angulata*, *P. peruviana*, *P. pubescens*, *P. pruinosa* dan *P. ixocarpa* yang potensial ditingkatkan kapasitas genetiknya melalui rekombinasi genetik interspesifik dengan harapan menghasilkan kultivar unggul untuk kebutuhan agroindustri (Effendy *et al.*, 2018; Rukmi & Waluyo, 2019; Sadiyah *et al.*, 2020, 2021; Shandila *et al.*, 2019; Waluyo *et al.*, 2019; Widyaelina & Waluyo, 2019; Zanetta *et al.*, 2019).

Persilangan antar spesies pada *Physalis* akan berhasil dan dihasilkan keturunan jika diperoleh informasi tentang tingkat keberhasilan dan kompatibilitas dari penyerbukan yang dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat keberhasilan penyerbukan sendiri dan kompatibilitas pada penyerbukan silang hibridisasi interspesifik pada ciplukan spesies *P. angulata*, *P. peruviana*, *P. pubescens*, *P. pruinosa* dan *P. ixocarpa*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juni 2020 di *Seed dan Nursery Industry Agro Techno Park* Universitas Brawijaya. Bahan tanam yang digunakan adalah 5 spesies ciplukan yaitu *P. angulata* (PAN-69281), *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. peruviana* (PPV-45311-03), *P. pubescens* (PPB-68154-04), dan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2).

Pasangan persilangan disusun berdasarkan rancangan perkawinan dialel lengkap yaitu terdapat set penyerbukan sendiri, set persilangan untuk menghasilkan biji F1, dan set persilangan untuk F1 resiprok. Penyerbukan buatan dilakukan dengan metode tangan (*hand pollination*) dibantu alat pinset untuk emaskulasi dan menempelkan serbuk sari ke atas kepala putik. Terdapat 25 kombinasi persilangan. Setiap spesies terdiri dari 12 tanaman yang ditanam secara berkala untuk sinkronisasi munculnya bunga sebagai tetua betina dan tetua jantan untuk bahan persilangan. Penanaman ciplukan tiap spesies dibagi menjadi 2 periode dengan jeda waktu 10 hari. Tanaman ciplukan ditanam dengan jarak tanam 50 x 80 cm. Kegiatan persilangan dilakukan pada pagi hari berkisar jam 07.00-12.00, pada sore hari melakukan kegiatan emaskulasi dan kastrasi pada bunga yang dijadikan tetua betina.

Dilakukan observasi pada morfologi bunga ciplukan dan tingkat kompatibilitas persilangan yang dilihat dari keberhasilan penyerbukan pada tiap set persilangan yang dilakukan. Karakteristik buah dan biji hasil penyerbukan sendiri dan hasil persilangan dianalisis menggunakan uji t 5%.

Pengamatan yang dilakukan di antaranya:

### 1. Morfologi Bunga

Dilakukan pengamatan pada karakter posisi bunga, posisi stigma terhadap *anther*, panjang stamen, panjang tangkai putik, jumlah *anther*, warna *anther*, dan warna benang sari. Pengamatan menggunakan deskriptor *Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.)* (Peña-Lomelí et al., 2011), *Husk Tomato UPOV Code: PHYSA Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity dan Stability: Husk Tomato (Physalis philadelphica Lam., Physalis ixocarpa Brot., Physalis pruinosa L., dan Physalis P. angulata L.)* (UPOV, 2005), dan *A taxonomic analysis of the species of Physalis L. (Solanaceae) based on morphological characters* (Beest et al., 1999) sebagai acuan untuk mengamati karakter tanaman.

### 2. Kompatibilitas persilangan (%)

Terbentuknya buah setelah dilakukannya penyerbukan merupakan indikator terjadinya pembuahan, dan calon buah akan membesar. Persentase keberhasilan suatu persilangan yang menunjukkan kompatibilitas dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{jumlah buah yang terbentuk}}{\text{jumlah bunga yang disilangkan}} \times 100\%$$

Dalam menentukan tingkat kompatibilitas digunakan klasifikasi Hawlader dan Mian (1997), yaitu suatu persilangan dinyatakan kompatibel, jika persentase keberhasilan  $\geq 50\%$ , inkompatibilitas sebagian, jika persentase keberhasilan  $10\% - <50\%$ , dan inkompatibilitas penuh, jika persentase keberhasilan  $< 10\%$ .

### 3. Beda rata-rata karakter buah dan biji

Pada hasil persilangan dilakukan pengamatan pada karakter bobot buah, panjang dan lebar buah, serta jumlah biji pada buah hasil penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang hibridisasi interspesifik. Uji beda rata-rata dilakukan terhadap data karakter buah dan biji dari hasil penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang interspesifik menggunakan uji t-Student dua arah pada taraf 5%. Pengolahan data hasil pengamatan penelitian kompatibilitas persilangan ini menggunakan *software* Microsoft Excel 2013. Berikut merupakan rumus uji t-Student menurut (Kim, 2015).

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Keterangan :

t = t hitung

$\bar{X}$  = rata-rata karakter

n1, n2 = jumlah sampel

s<sup>2</sup> = varians

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### MORFOLOGI BUNGA CIPLUKAN

Ciplukan memiliki morfologi bunga lengkap. Anthesis pada bunga ciplukan terjadi sebelum *anther* bunga mengalami *dehiscence* yang terjadi pada jam 9 – 11 pagi. Pengamatan dilakukan dengan mengamati karakter morfologi bunga ciplukan (Tabel 1).

*P. angulata* (PAN-69281) memiliki posisi bunga tegak dengan posisi stigma di bawah *anther*. Panjang stamen 5 mm dengan 5 *anther* berwarna ungu. Benang sari berwarna kuning dan panjang benang sari 4 mm (Gambar 1). *P. pruinosa* (PPN+3101) memiliki bunga dengan posisi intermediate dengan posisi stigma sejajar dengan *anther*. *Anther* bunga berwarna kuning berjumlah 5 dengan panjang stamen 4 mm. Memiliki kepala sari bunga berwarna ungu dengan panjang tangkai putik 4 mm (Gambar 2).

**Table 1.** Karakter morfologi bunga ciplukan (*Physalis* spp)

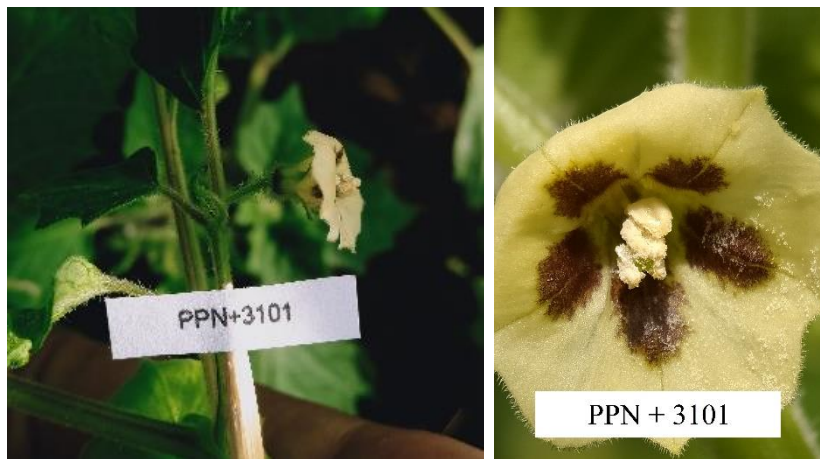
No.	Karakter	<i>P. angulata</i> (PAN-69281)	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)
1	Posisi bunga	Tegak	<i>Intermediate</i>	<i>Intermediate</i>	<i>Intermediate</i>	<i>Intermediate</i>
2	Panjang stamen (mm)	5	4	7	5	7
3	Jumlah <i>anther</i>	5	5	5	5	5
4	Warna <i>anther</i>	Ungu	Kuning	Kuning	Kuning	Ungu
5	Panjang tangkai putik (mm)	4	4	6	4	8
6	Warna benang sari	Kuning	Ungu	Ungu	Hijau muda	Ungu
7	Posisi stigma terhadap <i>anther</i>	Di bawah	Di antara	Di bawah	Di bawah	Di atas

*P. peruviana* (PPV-45311-03) memiliki posisi bunga *intermediate* dan posisi stigma di bawah *anther*. Bunga mempunyai 5 *anther* bunga berwarna kuning dengan panjang stamen 7 mm. Benang sari bunga berwarna ungu dengan panjang tangkai putik 6 mm (Gambar 3). Morfologi bunga

*P. pubescens* (PPB-68154-04) memiliki posisi bunga *intermediate* dan posisi stigma di bawah *anther*. Terdapat 5 *anther* bunga berwarna kuning dengan panjang stamen 5 mm. Benang sari berwarna hijau muda dan panjang tangkai putik 4 mm (Gambar 4).



Gambar 1. Morfologi bunga *P. angulata* (PAN-69281)

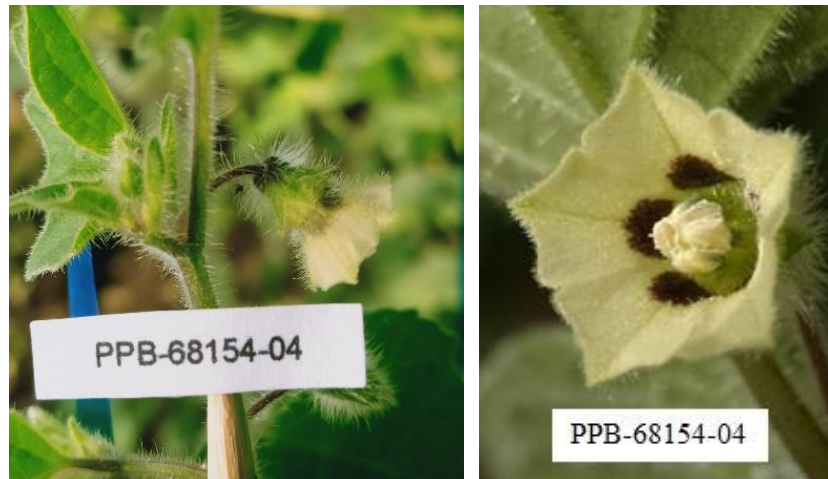


Gambar 2. Morfologi bunga *P. pruinosa* (PPN+3101).

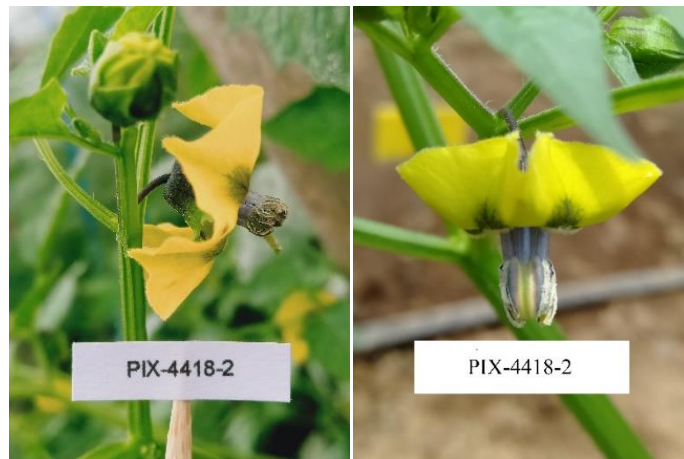


Gambar 3. Morfologi bunga *P. peruviana* (PPV-45311-03).





Gambar 4. Morfologi bunga *P. pubescens* (PPB-68154-04).



Gambar 5. Morfologi bunga *P. ixocarpa* (PIX-4418-2).

*P. ixocarpa* (PIX-4418-2) memiliki posisi bunga *intermediate* dan posisi stigma di atas *anther*. Bunga mempunyai 5 *anther* berwarna ungu dengan panjang stamen 7 mm. Benang sari bunga berwarna ungu dengan panjang tangkai putik 8 mm (Gambar 5).

#### KOMPATIBILITAS PERSILANGAN

Kompatibilitas persilangan adalah kesesuaian organ betina dan jantan dalam melakukan penyerbukan dan diikuti dengan proses pembuahan (Frankel & Galun, 1977). Ketidakcocokan pada tingkat alel, gen, dan kromosom dalam berpasangan dapat menyebabkan kegagalan terjadinya pembuahan

(inkompatibilitas) (Sahagún-castellanos, 1999). Keberhasilan suatu persilangan ditandai dengan berkembangnya bakal buah hingga terbentuknya biji. Inkompatibilitas pada persilangan terjadi diakibatkan oleh tidak cocoknya alel organ jantan dan betina yang terjadi sehingga sel jantan gagal membuahi sel betina (Lewis, 1949; Syukur *et al.*, 2018). Persentase keberhasilan persilangan didapatkan dari jumlah buah terbentuk dibagi dengan persilangan yang dilakukan (Tabel 2). Berdasarkan hasil penelitian, dari 25 kombinasi persilangan yang dilakukan didapatkan 11 kombinasi persilangan yang berhasil membentuk buah dan biji.

**Tabel 2.** Kompatibilitas persilangan *Physalis*

No.	Kombinasi	Jumlah persilangan	Jumlah keberhasilan	Persentase keberhasilan	Keterangan
1	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	20	20	100	Kompatibel
2	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	-	-	-	-
3	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	26	2	7.69	Inkompatibel
4	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	40	0	0	Inkompatibel
5	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	38	11	28.94	Inkompatibel sebagian
6	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	20	20	100	Kompatibel
7	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	17	0	0	Inkompatibel
8	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	9	0	0	Inkompatibel
9	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	11	0	0	Inkompatibel
10	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	24	0	0	Inkompatibel
11	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	20	20	100	Kompatibel
12	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	39	20	51.28	Kompatibel
13	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	-	-	-	-
14	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	26	0	0	Inkompatibel
15	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	31	11	35.48	Inkompatibel sebagian
16	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	20	20	100	Kompatibel
17	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	21	3	14.28	Inkompatibel sebagian
18	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	-	-	-	-
19	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	28	0	0	Inkompatibel
20	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	17	2	11.76	Inkompatibel sebagian
21	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	20	20	100	Kompatibel
22	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	22	0	0	Inkompatibel
23	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	-	-	-	-
24	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	16	0	0	Inkompatibel
25	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	12	0	0	Inkompatibel

Keterangan: -) Tidak dilakukan persilangan.



Penyerbukan sendiri pada setiap spesies menunjukkan keberhasilan persilangan sebesar 100%. Hal ini menunjukkan semua spesies yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan kompatibilitas sendiri (*self-compatibility*). Pada kombinasi persilangan interspesifik diperoleh tingkat kompatibilitas yang bervariasi. Pada persilangan interspesifik *P. pubescens* (PPB-68154-04) ketika menjadi tetua betina terhadap *P. angulata* (PAN-69281) termasuk tingkat kompatibel dengan persentase sebesar 51.28%. Persilangan *P. pubescens* (PPB-68154-04) dengan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dengan persentase sebesar 35.48% termasuk ke dalam tingkat inkompatibilitas sebagian.

Tingkat inkompatibilitas sebagian (*partial self-incompatibility*) terjadi pada persilangan interspesifik *P. pruinosa* (PPN+3101) sebagai tetua betina terhadap *P. angulata* (PAN-69281) dan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) sebagai jantan yang memiliki persentase keberhasilan persilangan masing - masing sebesar 14.28% dan 11.76%. Tidak didapatkan keberhasilan pada persilangan interspesifik antara *P. pubescens* (PPB-68154-04) dengan *P. pruinosa* (PPN+3101) begitu pula pada persilangan sebaliknya.

Tingkat inkompatibilitas sebagian terdapat pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dengan persentase sebesar 28.94%, sedangkan pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) dengan *P. pubescens* (PPB-68154-04) termasuk inkompatibilitas penuh dengan persentase sebesar 7.69%. Tidak didapatkan keberhasilan persilangan interspesifik antara *P. angulata* (PAN-69281) sebagai tetua betina dari *P. pruinosa* (PPN+3101), hal ini berbeda dengan resiproknya.

Persilangan interspesifik dengan tingkat inkompatibilitas penuh dengan persentase sebesar 0% terdapat pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), dan persilangan interspesifik pada *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. peruviana* (PPV-45311-03) ketika menjadi tetua betina dari semua spesies yang diuji.

Ganapathi *et al.* (1991) menuliskan bahwa terjadi kegagalan dalam persilangan antara *P. pubescens* dengan *P. peruviana* dan resiproknya. Ketidakberhasilan persilangan juga terjadi pada hibridisasi interspesifik antara *P. angulata* dengan *P. peruviana* yang dilakukan oleh Azeez dan Faluyi (2018). Menzel (1951) mencatat kegagalan persilangan ketika *P. ixocarpa* menjadi tetua betina dari persilangan dengan *P. pubescens*, *P. peruviana*, *P. angulata*, dan *P. pruinosa*.

Pada hibridisasi interspesifik inkompatibilitas dapat berupa kegagalan pembuahan yang ditandai dengan rontoknya bunga dan berhasilnya pembuahan hingga terbentuk bakal buah namun beberapa hari kemudian buah gugur. Hambatan keberhasilan persilangan dapat muncul sebelum fertilisasi (*pre-zygotic barriers*) dan setelah fertilisasi (*post-zygotic barriers*) (Barone *et al.*, 1992; Martins *et al.*, 2015). Hambatan *pre-zygotic* dapat berupa kegagalan perkecambahan serbuk sari dan terhambatnya perkembangan tabung serbuk sari (Barone *et al.*, 1992; Hajjar & Hodgkin, 2007). Hambatan *post-zygotic barriers* yang paling sering terjadi berupa berhasilnya pembentukan buah namun mengandung biji yang abnormal, dan memiliki ukuran yang berbeda dari tetuanya serta berwarna

gelap yang mengindikasikan degenerasi biji (Martins *et al.*, 2015).

**Tabel 3.** Data hasil pengamatan kuantitatif buah

No.	Kombinasi	Rata-rata bobot buah	Rata-rata panjang buah	Rata-rata lebar buah	Rata-rata jumlah biji
1	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	1.50	13.57	12.66	177.00
2	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	0.21	7.20	6.10	3.50
3	<i>P. angulata</i> (PAN-69281) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	0.89	11.45	10.45	104.23
4	<i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03) x <i>P. peruviana</i> (PPV-45311-03)	1.53	12.57	12.05	134.25
5	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	1.23	12.07	12.80	148.75
6	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	0.97	11.12	11.13	117.50
7	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	0.23	7.00	6.66	1.82
8	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	1.16	11.75	11.90	149.40
9	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. angulata</i> (PAN-69281)	0.26	6.60	6.53	3.00
10	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	0.37	7.20	8.45	2.50
11	<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2) x <i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	2.46	15.79	15.43	21.25

Pada penelitian ini, kegagalan pembuahan ditandai dengan bunga mengering dan tidak berkembang dan pada 5 – 8 hari setelah penyerbukan bunga mengalami rontok. Peristiwa bunga rontok terjadi pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pruinosa* (PPN+3101) dan resiproknya, *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), serta pada persilangan *P. peruviana* (PPV-45311-03) sebagai tetua betina dari semua spesies yang diuji. Fenomena inkompatibilitas yang kedua yaitu pembuahan berhasil hingga terbentuk bakal buah namun pada 17 – 23 hari setelah penyerbukan buah gugur. Fenomena tidak berkembangnya bakal buah dengan normal hingga rontok terjadi pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. pruinosa*

(PPN+3101) dan *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Azeez & Faluyi (2018), melakukan persilangan terhadap tanaman *Physalis* dan menemukan fenomena terjadinya aborsi pada ovarium yang telah dibuahi pada beberapa minggu setelah pembuahan. Pada persilangan interspesifik sering terjadi tidak berkembangnya bunga setelah dilakukan penyerbukan hingga bunga mengering dan rontok serta terjadinya keberhasilan pembuahan yang diikuti dengan aborsi embrio (Menzel, 1951). Aborsi embrio terjadi karena embrio dan endosperm mengalami degenerasi, endosperm berkembang lebih lambat, sehingga perkembangan embrio tertunda dan kemudian gugur (Barone *et al.*, 1992; Geerts *et al.*, 2002; Pickersgill, 1971).

Pada buah yang terbentuk pada hasil penyerbukan sendiri dan penyerbukan

silang hibridisasi interspesifik dilakukan pengamatan karakteristik buah dan biji (Tabel 3), meliputi rata-rata bobot buah, panjang dan lebar buah, serta jumlah biji.

#### VARIASI PENAMPILAN KARAKTER BUAH DAN BIJI

Data hasil persilangan dianalisis untuk melihat apakah terdapat perbedaan rata-rata antara buah hasil penyerbukan sendiri dan hasil penyerbukan silang melalui hibridisasi interspesifik pada tiap karakternya menggunakan uji t-Student. Analisis uji t-Student dilakukan antara kombinasi hasil persilangan *selfing* *P. angulata* dengan hasil interspesifik *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04), hasil persilangan *selfing* *P. pubescens* dengan hasil interspesifik *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281), serta pada hasil persilangan *selfing* *P. pruinosa* dengan hasil persilangan interspesifik *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. angulata* (PAN-69281).

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, tidak terdapat perbedaan yang nyata pada karakter bobot, panjang, serta lebar buah pada hasil persilangan interspesifik *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04) terhadap *selfingnya*. Sedangkan terdapat perbedaan yang nyata pada karakter jumlah biji pada hasil persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04) dan semua karakter pada hasil persilangan *P. angulata* (PAN-69281) X *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) terhadap *selfingnya*. Hal ini menunjukkan persilangan interspesifik antara *P. angulata*

(PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakter hasil buah dan biji. Sedangkan pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. pubescens* (PPB-68154-04) pengaruh persilangan interspesifik terjadi pada karakter jumlah biji (Tabel 4).

Hasil persilangan *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) memiliki perbedaan yang nyata pada semua karakter terhadap *selfingnya*. Pada hasil persilangan *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281) memiliki perbedaan yang nyata pada karakter bobot buah, panjang buah dan jumlah biji serta pada karakter lebar buah menunjukkan hasil tidak berbeda nyata terhadap *selfingnya*. Hasil penelitian menunjukkan persilangan interspesifik pada *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakter lebar buah. sedangkan pada persilangan interspesifik *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakter hasil buah dan biji (Tabel 5).

Pada persilangan *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. pruinosa* (PPN+3101) x *P. angulata* (PAN-69281) terdapat perbedaan yang nyata pada semua karakter terhadap *selfingnya*. Persilangan interspesifik pada *P. pruinosa* (PPN+3101) dengan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2) dan *P. angulata* (PAN-69281) memberikan pengaruh terhadap hasil buah dan biji. Berdasarkan analisis, pada hasil persilangan interspesifik *P. pruinosa* (PPN+3101), *P. angulata* (PAN-69281), dan *P. pubescens* (PPB-68154-04) memiliki perbedaan yang nyata pada karakter jumlah biji.

**Tabel 4.** Perbandingan rata-rata karakter kuantitatif persilangan *P. angulata* (PAN-69281)

	Karakter	<i>P. angulata</i> (PAN-69281)		<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)		<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	
		Rata-rata	P	Rata-rata	P	Rata-rata	P
<i>P. angulata</i> (PAN-69281)	Bobot buah (g)	1.50	-	0.21	0.08	0.89	0.00**
	Panjang buah (mm)	13.57	-	7.20	0.22	11.45	0.00**
	Lebar buah (mm)	12.66	-	6.10	0.15	10.45	0.00**
	Jumlah biji	177.00	-	3.50	0.00**	104.23	0.00**

Keterangan: \*\* = nilai  $P \leq 0.01$ , \* = nilai  $P \leq 0.05$ , berbeda nyata berdasarkan hasil uji-t student

**Tabel 5.** Perbandingan rata-rata karakter kuantitatif persilangan *P. pubescens* (PPB-68154-04)

	Karakter	<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)		<i>P. angulata</i> (PAN-6928)		<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	
		Rata-rata	P	Rata-rata	P	Rata-rata	P
<i>P. pubescens</i> (PPB-68154-04)	Bobot buah (g)	1.23	-	0.97	0.01*	0.23	0.00**
	Panjang buah (mm)	12.07	-	11.12	0.00**	7.00	0.00**
	Lebar buah (mm)	12.80	-	11.13	0.06	6.66	0.00**
	Jumlah biji	148.75	-	117.50	0.02*	1.82	0.00**

Keterangan: \*\* = nilai  $P \leq 0.01$ , \* = nilai  $P \leq 0.05$ , berbeda nyata berdasarkan hasil uji-t student.

**Tabel 6.** Perbandingan rata-rata karakter kuantitatif persilangan *P. pruinosa* (PPN+3101)

	Karakter	<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)		<i>P. angulata</i> (PAN-69281)		<i>P. ixocarpa</i> (PIX-4418-2)	
		Rata-rata	P	Rata-rata	P	Rata-rata	P
<i>P. pruinosa</i> (PPN+3101)	Bobot buah (g)	1.16	-	0.26	0.00**	0.37	0.00**
	Panjang buah (mm)	11.75	-	6.60	0.00**	7.20	0.01**
	Lebar buah (mm)	11.90	-	6.53	0.00**	8.45	0.00**
	Jumlah biji	149.40	-	3.00	0.00**	2.50	0.00**

Keterangan: \*\* = nilai  $P \leq 0.01$ , \* = nilai  $P \leq 0.05$ , berbeda nyata berdasarkan hasil uji-t student.

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan adanya perbedaan pada karakter kuantitatif buah dan biji antara buah hasil penyerbukan sendiri dengan hasil penyerbukan silang hibridisasi interspesifik (Tabel 3 – Tabel 6). Hal ini terjadi karena pengaruh serbuksari dari tetua jantan yang menyebabkan perubahan pada penampilan buah dan biji yang dihasilkan oleh tetua betina. Hal ini dapat terjadi dengan adanya kemungkinan pengaruh dari xenia ataupun metaxenia. Xenia dan metaxenia sangat bergantung pada genotipe tetua jantan sebagai pendonor polen dan genotipe tetua betina sebagai tempat berkembangnya buah hasil persilangan. Xenia dan metaxenia ialah transmisi sifat dari polinator terhadap

jaringan tetua betina, dan ini sudah dipelajari pada persilangan interspesifik tomat yang masih satu famili dengan ciplukan, yaitu Solanaceae bahwa terdapat perubahan morfologi daging buah dan biji pada hasil penyerbukan di tetua betina (Piotto *et al.*, 2013).

Determinasi pasangan persilangan yang kompatibel akan membuka pengetahuan baru bagi pengembangan program pemuliaan tanaman melalui rekombinasi genetik secara seksual, dan pasangan persilangan yang tidak kompatibel akan memberikan peluang rekombinasi melalui penerapan teknologi khususnya mengintroduksi karakter sifat unggul yang diinginkan (Douglas & Freyre, 2016). Berdasarkan hasil persilangan interspesifik

pada ciplukan ini dapat diketahui pasangan spesies yang mampu bersilang dan menghasilkan buah dan pasangan spesies yang menunjukkan ketidakmampuan menghasilkan buah. Dari penelitian ini juga dapat diketahui bahwa terjadi xenia pada karakteristik kuantitatif buah dan biji hasil penyerbukan silang hibridisasi interspesifik. Informasi ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk pemilihan tetua dan penerapan teknologi untuk perluasan keragaman genetik dan seleksi di dalam program pemuliaan tanaman ciplukan.

### SIMPULAN

Berdasarkan penelitian morfologi bunga ciplukan termasuk bunga lengkap dan memiliki karakteristik yang berbeda setiap spesiesnya. Hasil persilangan interspesifik pada ciplukan memiliki tingkat kompatibilitas yang bervariasi. Penyerbukan sendiri pada setiap spesies mempunyai tingkat keberhasilan dan kompatibilitas 100%. Penyerbukan silang hibridisasi interspesifik kompatibel terdapat pada persilangan *P. angulata* (PAN-69281) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. angulata* (PAN-69281), *P. pubescens* (PPB-68154-04) x *P. ixocarpa* (PIX-4418-2), serta pada persilangan *P. pruinosa* (PPN+3101) dengan *P. angulata* (PAN-69281) dan *P. ixocarpa* (PIX-4418-2). Terdapat perbedaan pada karakter kuantitatif buah dan biji antara buah hasil penyerbukan sendiri dengan buah hasil penyerbukan silang hibridisasi interspesifik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M. S., Musa, A. M., Ahmed, A., & Hussaini, I. M. (2007). The perception and practice of traditional medicine in the treatment of cancers and inflammations by the Hausa and Fulani tribes of Northern Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 111(3), 625–629. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.01.011>
- Azeez, S. O., & Faluyi, J. O. (2018). Hybridization in four Nigerian *Physalis* (Linn .) species. *Notulae Scientiae Biologicae*, 10(2), 205–210. <https://doi.org/10.25835/nsb10210241>
- Barone, A., Del Giudice, A., & Ng, N. Q. (1992). Barriers to interspecific hybridization between *Vigna unguiculata* and *Vigna vexillata*. *Sexual Plant Reproduction*, 5(3), 195–200. <https://doi.org/10.1007/BF00189811>
- Beest, M. te, Berg, R. van den, & Brandenburg, W. (1999). A taxonomic analysis of the species of *Physalis* L. (Solanaceae) based on morphological characters. In M. Sivadasan & P. Mathew (Eds.), *Mentor Book. Biodiversity, taxonomy and conservation of flowering plants, Calicut, Kerala, India, 1998* (pp. 85–97).
- Chautá-Mellizo, A., Campbell, S. A., Bonilla, M. A., Thaler, J. S., & Poveda, K. (2012). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*, 13(6), 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.08.013>
- Djakbé, J. D., Ngakou, A., Christian, W., Faïbawe, E., & Tchuenguem, N.-F. F. (2017). Pollination and yield components of *Physalis minima* (Solanaceae) as affected by the foraging activity of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and compost at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 11(3), 43–60. <http://www.innspub.net/wp-content/uploads/2017/10/IJAAR-V11No3-p43-60.pdf>
- Douglas, A. C., & Freyre, R. (2016). Sexual

- compatibility between eight *Nolana* L.f. (Solanaceae) species from Peru and Chile. *Euphytica*, 208(1), 33–46. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1483-3>
- Effendy, Respatijarti, & Waluyo, B. (2018). Keragaman genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil dan hasil ciplukan (*Physalis* sp.). *Jurnal Agro*, 5(1), 30–38. <https://doi.org/10.15575/1864>
- Figueiredo, M. C. C., Passos, A. R., Hughes, F. M., Santos, K. S. dos, Silva, A. L. da, & Soares, T. L. (2020). Reproductive biology of *Physalis angulata* L. (Solanaceae). *Scientia Horticulturae*, 267, 109307. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109307>
- Frankel, R., & Galun, E. (1977). *Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ganapathi, A., Sudhakaran, S., & Kulothungan, S. (1991). The diploid taxon in Indian natural populations of *Physalis* L. and its taxonomic significance. *Cytologia*, 56(2), 283–288. <https://doi.org/10.1508/cytologia.56.283>
- Geerts, P., Toussaint, A., Mergeai, G., & Baudoin, J. P. (2002). Study of the early abortion in reciprocal crosses between *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus polyanthus* Greenm. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 6(2), 109–119.
- Hajjar, R., & Hodgkin, T. (2007). The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*, 156(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9363-0>
- Hawllader, M. S. H., & Mian, M. A. K. (1997). Self-incompatibility studies in local cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.) grown in Bangladesh. *Euphytica*, 96(3), 311–315. <https://doi.org/10.1023/A:1003094005226>
- He, Q.-P., Ma, L., Luo, J.-Y., He, F.-Y., Lou, L.-G., & Hu, L.-H. (2007). Cytotoxic withanolides from *Physalis angulata* L. *Chemistry and Biodiversity*, 4(3), 443–449. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200790036>
- Jansky, S. H., & Rouse, D. I. (2003). Multiple disease resistance in interspecific hybrids of potato. *Plant Disease*, 87, 266–272.
- Jovel, E. M., Cabanillas, J., & Towers, G. H. N. (1996). An ethnobotanical study of the traditional medicine of the Mestizo people of Suni Mirano, Loreto, Peru. *Journal of Ethnopharmacology*, 53(3), 149–156. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(96\)01437-7](https://doi.org/10.1016/0378-8741(96)01437-7)
- Kim, T. K. (2015). T test as a parametric statistic. *Korean Journal of Anesthesiology*, 68(6), 540. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540>
- Lagos B., T. C., Vallejo Cabrera, F. A., Criollo Escobar, H., & Muñoz Flórez, J. E. (2008). Biología reproductiva de la uchuva [sexual reproduction of the cape gooseberry]. *Acta Agronómica*, 57(2), 81–87.
- Lewis, D. (1949). Incompatibility in flowering plants. *Biological Reviews*, 24(4), 472–496. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1949.tb00584.x>
- Martins, K. C., Pereira, T. N. S., Souza, S. A. M., Rodrigues, R., & do Amaral Junior, A. T. (2015). Crossability and evaluation of incompatibility barriers in crosses between *Capsicum* species. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 15(3), 139–145. <https://doi.org/10.1590/1984-70332015v15n3a25>
- Menzel, M. Y. (1951). The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. *Proc Am Phyllos Soc.*, 95(2), 132–183.
- Mirzaee, F., Saeed Hosseini, A., Askian, R., & Azadbakht, M. (2019). Therapeutic

- activities and phytochemistry of *Physalis* species based on traditional and modern medicine. *Research Journal of Pharmacognosy*, 6(4), 79–96.  
<https://doi.org/10.22127/rjp.2019.93529>
- Muniz, J., Kretschmar, A. A., Rufato, L., Pelizza, T. R., Rufato, A. D. R., & Macedo, T. A. de. (2014). General aspects of *Physalis* cultivation. *Ciência Rural*, 44(6), 964–970.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782014005000006>
- Olorode, O., Olayanju, S., & Garba, A. (2013). *Physalis* (Solanaceae) in Nigeria. *Ife Journal of Science*, 15(1), 101–109.
- Peña-Lomelí, A., Magaña-Lira, N., Gámez-Torres, A., Mendoza-Celino, F., & Pérez-Grajales, M. (2018). Manual pollination in two tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) varieties under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(1), 13–26.  
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.02.011>
- Peña-Lomelí, A., Magaña-Lira, N., Montes-Hernández, S., Sánchez-Martínez, J., Santiaguillo-Hernández, J., Grimaldo Juárez, O., & Contreras-Rodríguez, A. (2011). *Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.)*. SNICS- SAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo.  
<http://www.chapingo.mx>
- Pickersgill, B. (1971). Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (Genus *Capsicum*). *Society for the Study of Evolution*, 25(4), 683–691.
- Piotto, F. A., Batagin-Piotto, K. D., Almeida, M. de, & Oliveira, G. C. X. (2013). Interspecific xenia and metaxenia in seeds and fruits of tomato. *Scientia Agricola*, 70(2), 102–107.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000200007>
- Rodrigues, Eliana. (2006). Plants and animals utilized as medicines in the Jaú National Park (JNP), Brazilian Amazon. *Phytotherapy Research*, 20(5), 378–391.  
<https://doi.org/10.1002/ptr.1866>
- Rodrigues, Eliseu, Rockenbach, I. I., Cataneo, C., Gonzaga, L. V., Chaves, E. S., & Fett, R. (2009). Minerais e ácidos graxos essenciais da fruta exótica *Physalis peruviana* L. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 29(3), 642–645. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300029>
- Rukmi, K., & Waluyo, B. (2019). Keragaman genetik aksesii ciplukan (*Physalis* sp.) berdasarkan karakter morfologi dan agronomi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(2), 209–219.
- Sadiyah, H., Ashari, S., Waluyo, B., & Soegianto, A. (2021). Genetic diversity and relationship of husk tomato (*Physalis* spp.) from East Java Province revealed by SSR markers. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(1), 184–192.  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220124>
- Sadiyah, H., Soegianto, A., Waluyo, B., & Ashari, S. (2020). Short Communication: Preliminary characterization of groundcherry (*Physalis angulata*) from East Java Province, Indonesia based on morpho-agronomic traits. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(2), 759–769.  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d210244>
- Sahagún-castellanos, J. (1999). Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4(1), 31–37.
- Salgado, E. R., & Arana, G. V. (2014). *Physalis angulata* L. (Bolsa mullaca): a review of its traditional uses, chemistry and pharmacology. *Boletín Latinoamericano Caribe Plantas Medicinales Aromáticas*, 12(5), 431–



- 445.
- Setiawati, T., Kurniawan, A., Supriatun, T., & Karyono. (2016). Persilangan interspesifik *Ipomea batatas* Lam. dengan *I. trifida* (H.B.K.) G. Don. berumbi asal Citatah, Jawa Barat. *Kebun Raya Bogor LIPI*, 19(1), 11–20.
- Shandila, P., Zanetta, C. U., & Waluyo, B. (2019). Pengukuran keragaman dan identifikasi aksesori ciplukan (cape gooseberry: *Physalis peruviana* L.) hasil seleksi galur murni sebagai buah eksotis. *Prosiding Seminar Nasional 'Pembangunan Pertanian Indonesia Dalam Memperkuat Lumbung Pangan, Fundamental Ekonomi, Dan Daya Saing Global'*, 1160–1168.
- Sharma, N., Bano, A., Dhaliwal, H. S., & Sharma, V. (2015). Perspectives and possibilities of indian species of genus *Physalis* (L.). *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 2(2), 326–353.
- Siemens, J. (2002). Interspecific hybridisation between wild relatives and *Brassica napus* to introduce new resistance traits into the oilseed rape gene pool. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 38(3–4), 155–157.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yuniarti, R. (2018). *Teknik Pemuliaan Tanaman (edisi revisi)*. Penebar Swadaya.
- Trevisani, N., Schmit, R., Beck, M., Guidolin, A. F., & Coimbra, J. L. M. (2016). Selection of *Physalis* populations for hybridizations, based on fruit traits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(2), e-568. <https://doi.org/10.1590/0100-29452016568>
- UPOV. (2005). Guidelines for The Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability: Husk Tomato (*Physalis phyladelphica* Lam., *Physalis ixocarpa* Brot., *Physalis pruinosa* L., and *Physalis angulata* L.) (Draft). In *International union for the protection of new varieties of plants. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity, and Stability*. International union for the protection of new varieties of plants.
- Waluyo, B., Zanetta, C. U., & Haesaert, G. (2019). Assessment of variability, heritability and divergence of ciplukan [cutleaf ground cherry: (*Physalis angulata* L.)] to increase exotic fruit genetic capacity in Indonesia. *Proceedings of the Emerging Challenges and Opportunities in Horticulture Supporting Sustainable Development Goals - ISH 2018 (Kuta, Bali, Indonesia 27-30 November 2018)*, 89–98. <https://www.filodiritto.com/node/36464>
- Widyaelina, E., & Waluyo, B. (2019). Seleksi tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) untuk hibridisasi berdasarkan karakter morfologi. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 7(2), 152–165.
- Yildiz, G., Izli, N., Unal, H., & Uylaser, V. (2015). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4). <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1280-3>
- Zanetta, C. U., Waluyo, B., & Haesaert, G. (2019). Exploitation of variability and genetic divergence of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot) as tool for further breeding. *Proceedings of the Emerging Challenges and Opportunities in Horticulture Supporting Sustainable Development Goals - ISH 2018 (Kuta, Bali, Indonesia 27-30 November 2018)*, 58–65. <https://www.filodiritto.com/node/36464>